

METODOLOGIA PARA USINAGEM DE MOLDES COM ALTAS VELOCIDADES ENVOLVENDO FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE AUXÍLIO À MANUFATURA

Fernando José Quito da Silva Filho¹
fquito@ufba.br

Guilherme Oliveira de Souza¹
gsouza@fieb.org.br

Herman Augusto Lepikson¹
herman@ufba.br

¹ Universidade Federal da Bahia, Departamento de Engenharia Mecânica, Rua Prof. Aristides Novis, 02, sala 5105 Federação, Salvador BA, CEP 40.210-630.

Paulo Sérgio Guedes Souza²
pguedes@fieb.org.br

² SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, Salvador BA, CEP 41.650-010.

Abstract: *In this time of frequent and quick changes, die and mold makers are being forced to implement new technologies if they want to survive in their industry. This paper presents a didactic methodology for die and mold production in a manufacturing integrated system. It encloses the following manufacturing sectors: design, planning and production control, process planning and NC programming. The approach adopted focuses on the data transmission and retrieval, HSC (high speed cutting) milling, statistical process control and the relationship between its interfaces to manage the integration between the computational tool used for manufacturing planning and control.*

Keywords: *Manufacturing Integrated Systems, Interfaces, High Speed Cutting.*

I - Introdução

Com o crescimento exponencial da tecnologia e da concorrência na indústria de matrizes & moldes, impactos são gerados pela utilização crescente da tecnologia HSM – *High Speed Machining* (usinagem em alta velocidade). Uma das características inerentes à incorporação desta tecnologia é a demanda por alta velocidade de transmissão das informações envolvidas, desde o sistema de controle da máquina, até os relatórios gerenciais passando pelas etapas críticas do processo técnico de planejamento e controle do processo fabril. As limitações de um ambiente fabril inserido neste contexto surgem principalmente em conflitos de interfaces homem-máquina que precisam gerar trocas de informações cada vez mais rápidas nos diversos níveis de produção de forma eficaz. Criase então um problema fundamental para as grandes, médias e pequenas empresas de manufatura: a necessidade de investir em tecnologias aptas a lidar com a integração das interfaces (figura 1) com a finalidade de reagir a tais impactos.

Uma melhor percepção do processo de fabricação para este fim torna-se necessária no intuito de alcançar a eficiência e a eficácia esperada em todo o processo produtivo. Uma avaliação consistente tem que considerar, pelo menos, os seguintes objetivos: baixo custo, alta qualidade e curto prazo de entrega.

Para responder a tais exigências, o fluxo de variáveis de relacionamento, através das interfaces das etapas do processo de manufatura devem ser tratadas com especial atenção. Faz-se necessário então um estreitamento cada vez maior da ligação entre as funções de projeto, planejamento e fabricação, o qual requer um perfeito alinhamento nas interfaces destas, visando a integridade dos aspectos do produto, dos processos de produção e das operações factíveis e disponíveis em ambientes de manufatura (Altan, 2001).

A figura abaixo representa a estrutura do modelo proposto pelo presente artigo. Demonstra esquematicamente o fluxo de informações e o inter-relacionamento dos setores da manufatura, com as principais informações envolvidas em cada nível.

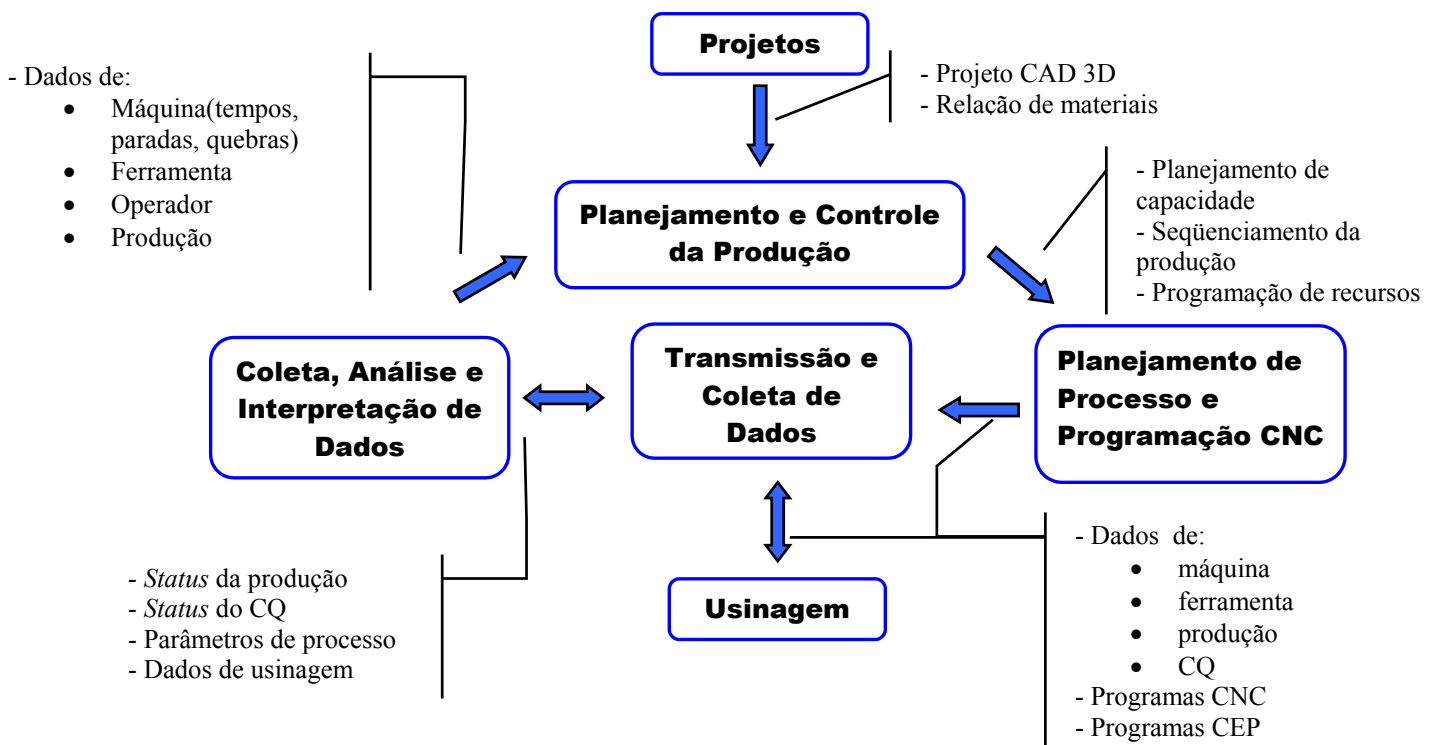


Figura 1: Esquema do processo produtivo em ambiente de manufatura para produção de matrizes e moldes com suas respectivas interfaces

Devido a estes fatores, as etapas do processo de manufatura em indústrias de matrizes & moldes se desenvolvem cada vez mais através do uso de tecnologias computacionais – CAD/CAM, e gerenciais – ERP/PCP, que visam melhorar a efetividade da organização.

Para a execução das peças, o processo de produção, no caso de moldes e matrizes, envolve uma combinação de tecnologias computacionais, gerenciais e de fabricação. O desenvolvimento destas visam a otimização do processo reduzindo o tempo gasto nos setores da manufatura e nas suas interfaces. O desenvolvimento atual das ferramentas computacionais e de fabricação permite também tolerâncias cada vez menores tendo, como consequência, em uma qualidade superficial cada vez maior das peças e tolerâncias de ajuste cada vez mais estreitas.

II - A Tecnologia HSM

A inserção da tecnologia HSM (*high speed machining*, usinagem com altas velocidades de corte, avanço e rotação) no setor de fabricação possibilitou a usinagem de materiais de dureza elevada. Para a indústria de moldes & matrizes este é um benefício relevante pois permite a usinagem de moldes a partir de materiais de maiores durezas sem a necessidade de posterior tratamento térmico e suas implicações. Esta tecnologia também contribuiu para a redução do tempo de usinagem devido à possibilidade de se atingir melhores parâmetros de corte, e de tempo total de fabricação do molde pois, após executar os passes de pré-acabamento e acabamento em uma máquina HSC (*High Speed Cutting*) a qualidade superficial obtida praticamente dispensa o polimento manual para acabamento final. Além disso, o polimento manual causa um impacto negativo na precisão geométrica e dimensional, ou seja, na qualidade do produto (Sandvick, 2002; Schmidt, 2000)..

A tecnologia HSM, no caso de altas velocidades de corte HSC, vem sendo desenvolvida principalmente para operações de fresamento atendendo dois segmentos principais: metais não ferrosos e acabamento de materiais ferrosos. No desbaste e acabamento de materiais não ferrosos, visa a alta taxa de remoção de material e o semi-acabamento e acabamento com alta qualidade de acabamento superficial. A segunda alternativa tem sua principal utilização nos fabricantes de matrizes e moldes, ocupando uma importante posição no processo produtivo, pela considerável redução do *lead time*, tendo como maiores demandantes a indústria automotiva, de eletrodomésticos e de bens de consumo.

O que se busca com esta tecnologia é estabelecer condições que permitam uma qualidade superficial cada vez melhor e tolerâncias cada vez menores, com tempos e custos de produção cada vez mais baixos. Para isso é preciso o desenvolvimento de novas tecnologias das ferramentas de corte, dos comandos NC e dos sistemas de transmissão de dados.

É fundamental que os comandos numéricos tenham um tempo de processamento de bloco (TPB) menor que o tempo gasto pela máquina para executar sua menor movimentação, já que um TPB elevado imporá limites às velocidades de avanço. Este também pode ser limitado no caso de uma baixa velocidade de transmissão de dados (*baud-rate*). Esses problemas acarretam em perda de desempenho da máquina e em um pior acabamento (Schützer, 1999).

O segredo de uma implementação efetiva das tecnologias HSM passa pelo tratamento dessas questões. Os fabricantes de ferramenta e as universidades já vêm pesquisando novas alternativas de ferramentas, com resultados promissores (ver, por exemplo, os trabalhos de Schützer, 1999). Resta equacionar os problemas do CNC e da transmissão de dados, que são os focos deste trabalho.

III - Metodologia

A metodologia desenvolvida neste trabalho foi baseada na integração estratégica dos diversos agentes envolvidos no processo, conforme visto na figura 1, e em um estudo e delineamento detalhado das ferramentas de desenvolvimento de todo o processo de fabricação de moldes e matrizes supracitado, destacando-se (Lepikson, 1999):

- a) O **PCP**, no qual o processo produtivo está dividido em duas diretrizes:
 - *Planejamento* que é decidir sobre o que produzir e quando produzir.
 - *Programação* que é decidir em que recurso uma operação será realizada e quando se dará seu início e fim.
- b) O **CAM**, que se projeta em duas principais vertentes:

- *Monitoramento e controle por computador*: aplicações nas quais o computador se conecta diretamente com o processo de manufatura com o propósito de monitorar ou controlar o processo.
 - *Aplicações de suporte à manufatura*: aplicações indiretas, nas quais o computador é usado como suporte das operações de produção na planta, mas não há interface direta entre o computador e o processo de manufatura.
- c) **HSM**, usinagem para alta produtividade que permite desbaste e acabamento para peças pequenas e acabamento fino para peças de todos os tamanhos a altas durezas (até 65 HC). A HSM envolve vantagens como:
- Produção de moldes ou matrizes em poucos ou até em um único *setup*, nesse caso já usinando o molde ou matriz após o tratamento térmico;
 - Melhoria da precisão geométrica da matriz ou molde através da usinagem de precisão, o que, por sua vez reduz o trabalho manual e o tempo de *try-out*.
 - Aumento da vida útil das ferramentas de corte, devido a um reduzido tempo de contato destas com a superfície usinada e pequenas profundidades de corte.
- d) O **CEP** – Controle Estatístico do Processo, diz respeito ao controle da qualidade e consiste da coleta, análise e interpretação de dados para utilização nas atividades de melhoria e controle da qualidade de produtos e serviços no chão de fábrica, em tempo real.

A integração das interfaces das ferramentas é crucial para diminuir os intervalos de comunicação entre todas as etapas do processo produtivo envolvendo tecnologia HSM. A metodologia baseada na distribuição linear das etapas de fabricação de um molde para injeção de plástico desde o desenho entregue pelo cliente com suas especificações, passando pela pormenorização das diferentes etapas com as ferramentas de PCP, CAM e CEP e suas interfaces. Para isto adotou-se um método estilo tutorial que é formulado em ferramenta computacional com características de navegação simples por *hyperlinks* e rapidez de acesso às informações que abrangem todo o assunto de forma eficiente. A formulação deste tutorial segue passos descritivos indispensáveis no inter-relacionamento das ferramentas computacionais de auxílio à manufatura e, em particular, ao processo de usinagem HSM para qualquer molde ou matriz. Um esquema ilustrativo da seqüência seguida no método está disposta na figura 2 que traduz os agentes de modelagem da figura 1 para o ambiente computacionalmente integrado, um dos elementos-chave do modelo proposto.

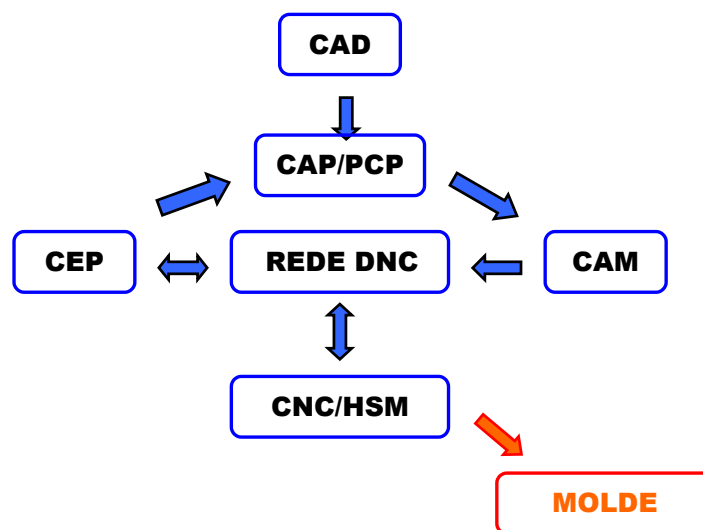


Figura 2: Esquema de geração de moldes por integração de ferramentas computacionais de auxílio à manufatura com tecnologia HSM

Após o recebimento do projeto em CAD 3D (figura 3), faz-se um estudo detalhado do projeto a fim de se desenvolver as estratégias apropriadas de produção e usinagem das peças do novo molde. Para que o fluxo de dados não seja empecilho nesta etapa faz-se necessária a compatibilidade entre os softwares de CAD e CAM. Este último deve aceitar o arquivo do projeto no formato utilizado pelo software de CAD, geralmente as ferramentas de CAM são compatíveis com o formato de arquivo dos sistemas CAD mais difundidos no mercado, de mesmo fabricante e parceiros. Caso isto não ocorra os arquivos devem ser convertidos para formatos padronizados como IGES que por normalização devem ser aceitos por todos os softwares de CAM Deve-se também observar a linha de modelagem do projeto a qual pode ser realizada de duas formas, uma de modelagem em sólido, outra em superfícies. Esta característica exerce grande influência na qualidade superficial final do produto, principalmente quando este apresenta superfícies complexas.

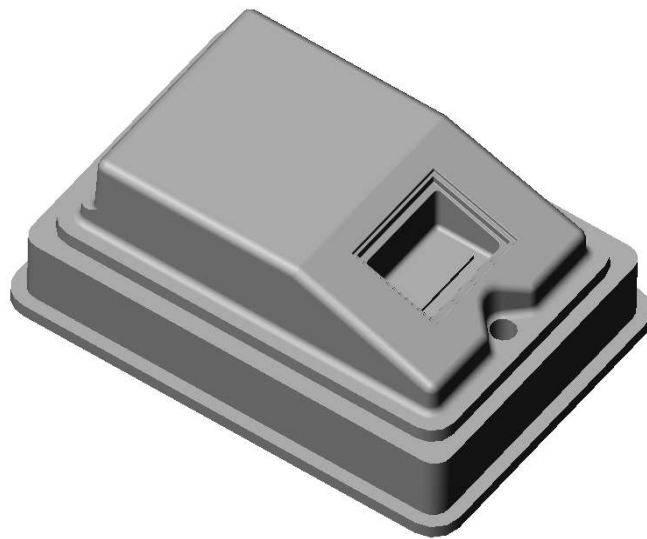


Figura 3: Projeto da peça em CAD 3D

O passo seguinte é a aplicação do planejamento finito da produção ao plano mestre do PCP. Este irá guiar a produção de acordo com a programação definida assim como definirá metas e prazos. Através do PCP faz-se o acompanhamento da produção, pois neste sistema integrado ele é constantemente alimentado com informações completas a respeito da produção (desde os tempos efetivos de usinagem e de vida de ferramentas, até o acompanhamento em tempo real dos lotes em produção e produzidos, passando pelos dados de CQ obtidos do CEP).

Seguindo a programação do PCP, são gerados os cálculos de usinagem para o caminho da ferramenta de corte e, conseqüentemente, os programas de comando numérico na linguagem compatível com a máquina HSC a ser usada. Para tal é utilizada uma ferramenta de CAM também 3D (figura 4).

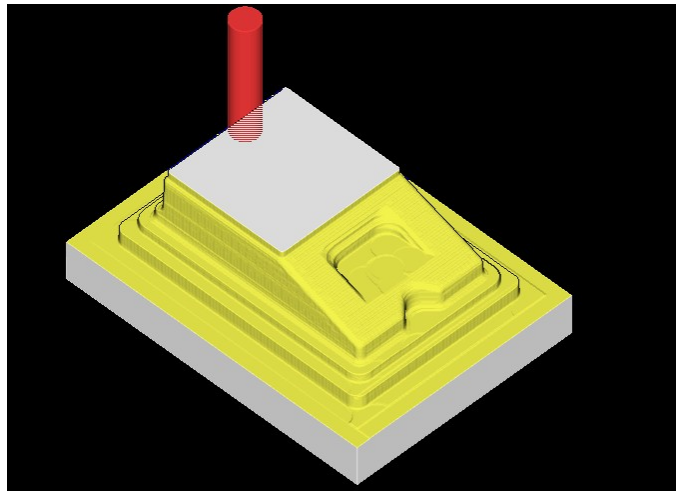
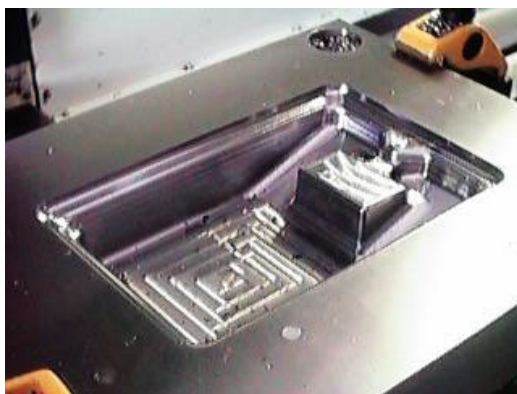


Figura 4: Simulação do caminho da ferramenta em CAM 3D

O programa de usinagem da peça é executado *on-line*, via rede DNC (Comando Numérico Distribuído), em uma máquina HSC (Hermle U 800C, com CNC Heidenhain). Ainda via DNC é feita a realimentação dos dados de usinagem com o envio de informações para um software de CEP que monitora a produção da matriz e envia dados do processo para o PCP. Dessa forma a programação se mantém sempre atualizada e também se pode traçar um perfil do seu leiaute para que as próximas programações sejam mais precisas e condizentes com o processo real.

O resultado do trabalho na confecção deste tutorial se delineou na fabricação de um molde para injeção de plástico (figura 5a cavidade após a etapa desbaste, e 5b macho após acabamento), nas instalações do CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia do SENAI-BA.



(a)



(b)

Figura 5: Vistas das partes principais do molde durante processo de usinagem.

Para a aplicação do planejamento finito da produção foi utilizada a ferramenta Preactor. Com o passo anterior concluído, passaram a ser geradas as programações CNC para a usinagem dos componentes do molde. Para tal, foi usada a ferramenta de CAM Unicam 3D, para definição da programação CNC definição de estratégia para esta usinagem, incluindo a escolha das ferramentas de corte. Usinou-se o molde no centro de usinagem com os programas sendo executados *on-line*, via rede DNC e coletores de dados (da Directa). Os coletores também fornecem um retorno de dados do processo para posterior análise pela ferramenta de CEP (CEP-DA da Directa).

A conclusão deste trabalho gerou um impacto positivo no desenvolvimento de técnicas de aprendizado eficientes no ambiente de ferramentaria. Seguindo este método aqui apresentado obteve-se uma sensível redução dos tempos não só para a usinagem de moldes de injeção, mas em todos os atuais processos de usinagem que utilizam as tecnologias aqui abordadas. Para isto tornar-se possível, foi necessário um claro entendimento dos relacionamentos das variáveis envolvidas, incluindo a desmistificação das dificuldades para se trabalhar com muitas ferramentas computacionais sem uma real necessidade de integração física entre estes componentes, mas sim uma integração homem-máquina a fim de se otimizar os processos produtivos.

Agradecimentos: Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do convênio UFBA-Senai de cooperação tecnológica, contando com o apoio CNPq e da UFBA, através das bolsas de pesquisa e, do SENAI CIMATEC pela cessão de instalações e ferramentas computacionais para o desenvolvimento do trabalho.

IV - Referências Bibliográficas

ALTAN-T; LILLY-B; YEN-YC.: Manufacturing of Dies and Molds In: *Cirp-Annals-Manufacturing-Technology - Eng. Res. Ctr. For Net Shape Mfg.* Ohio State University, Columbus, Oh, United States v. 50 n. 2, pp. 405-423, 2001,.

LEPIKSON, H.A. Introdução aos Sistemas Integrados da Manufatura. Cetim, UFBA – Departamento De Engenharia Mecânica, 1999.

SANDVICK COROMANT; Fabricação de Moldes e Matrizes, Ferramentas e Métodos. Maio 2002.

SCHIMIDT, J; HUNTROP, V. O Grande Potencial da Microusinagem. *Maquinas e Metais.* n. 434, pp. 44-57, março 2000.

SCHÜTZER, K.; SOUZA, A.F. DE; DEONÍSIO, C.C.C.: Introdução do Processo Hsc na Indústria Brasileira. In: *Anais do 4º Seminário Internacional de Alta Tecnologia - Inovações Tecnológicas na Manufatura para o Ano 2000*, Santa Bárbara D'oeste, pp. 79-98, agosto 1999.